

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-059849

(43)Date of publication of application : 28.02.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/208

H01L 21/68

H01L 31/04

(21)Application number : 2001-242202

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 09.08.2001

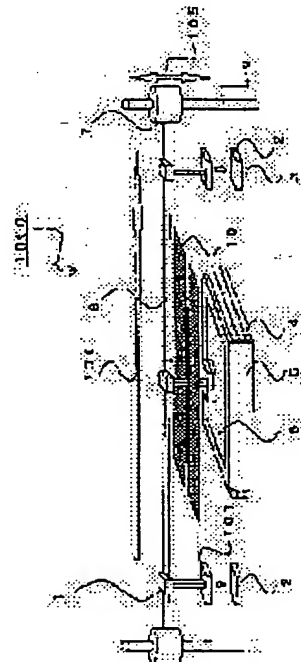
(72)Inventor : KOMA SHUJI  
GOKAKU HIROZUMI  
YANO KOZABURO  
TANI YOSHIHEI

### (54) DEVICE AND METHOD FOR MANUFACTURING SHEET METAL

#### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide sheet manufacturing device/method for obtaining plate-like sheet metal and optimizing an obtained sheet metal shape.

**SOLUTION:** The sheet manufacturing device comprises a substrate transfer mechanism 1. The substrate transport mechanism 1 is arranged, so that it can move in a horizontal direction 104 along a horizontal direction moving shaft 8. The horizontal direction moving shaft 8 is arranged, so that it can move along a vertical direction moving shaft 9. The substrate transfer mechanism 1 has a mechanism for making a substrate 2 tilted.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 05.02.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3463049

[Date of registration] 15.08.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-59849  
(P2003-59849A)

(43) 公開日 平成15年2月28日 (2003.2.28)

(51) IntCl <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
H 0 1 L 21/208		H 0 1 L 21/208	D 5 F 0 3 1
21/68		21/68	A 5 F 0 5 1
31/04		31/04	H 5 F 0 5 3

審査請求 未請求 請求項の数20 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2001-242202(P2001-242202)

(22) 出願日 平成13年8月9日 (2001.8.9)

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 胡間 修二

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72) 発明者 五角 博純

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(74) 代理人 100064746

弁理士 深見 久郎

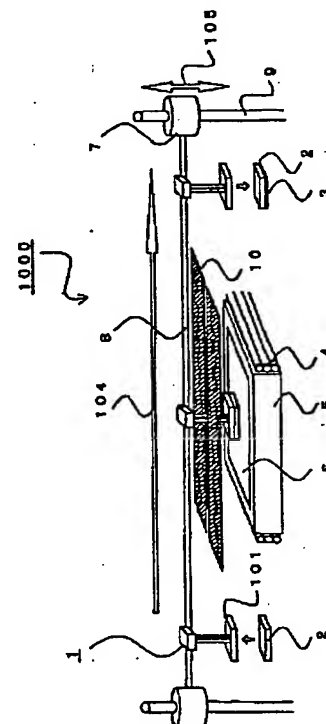
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄板製造装置および薄板製造方法

(57) 【要約】

【課題】 平板形状の薄板が得られるとともに、さらに得られる薄板の形状を最適化することが可能な、薄板製造装置および薄板製造方法を提供する。

【解決手段】 この薄板製造装置および薄板製造方法によれば、基板搬送機構1を備え、この基板搬送機構1は水平方向移動軸8に沿って、水平方向104に移動可能なように設けられている。また、水平方向移動軸8は、垂直方向移動軸9に沿って移動可能なように設けられている。さらに、基板搬送機構1は、基板2を傾動させるための機構を備えている。



(2)

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板搬送機構に保持された基板を、融液に浸漬させることにより、前記基板表面に薄板を形成するための薄板製造装置であって、

前記基板搬送機構は、

前記基板を、前記融液に浸漬および取出す方向に、前記基板を搬送するための第1基板搬送手段と、

前記第1の方向とは異なる第2の方向に前記基板の搬送を可能とする第2基板搬送手段と、を備える、薄板製造装置。

【請求項2】 前記第1基板搬送手段および前記第2基板搬送手段をそれぞれ独立して制御することが可能である、請求項1に記載の薄板製造装置。

【請求項3】 前記基板搬送機構は、前記基板の表面を前記融液の液面に対して傾斜させるための基板傾動手段をさらに備える、請求項1または2に記載の薄板製造装置。

【請求項4】 前記基板傾動手段は、前記第1基板搬送手段および前記第2基板搬送手段に対して、独立して制御することが可能である、請求項1から3のいずれかに記載の薄板製造装置。

【請求項5】 前記基板搬送機構は、前記基板を前記基板搬送機構に対して着脱可能とするための、基板脱着手段をさらに備える、請求項1から4のいずれかに記載の薄板製造装置。

【請求項6】 前記基板脱着手段は、前記第1基板搬送手段、前記第2基板搬送手段、および前記基板傾動手段に対して、独立して制御することが可能である、請求項5に記載の薄板製造装置。

【請求項7】 前記融液を保持する融液保持手段を備え、前記融液保持手段と前記基板搬送機構との間に、熱遮蔽手段をさらに備える、請求項1から6のいずれかに記載の薄板製造装置。

【請求項8】 前記基板搬送機構は、前記基板を、金属材料もしくは半導体材料のうち少なくともいずれか一方を含有する材料の前記融液に浸漬させる浸漬制御手段と、浸漬された前記基板を前記融液から取出すことにより、前記基板表面に前記材料の薄板を成長させる薄板成長制御手段と、を備える、請求項1から7のいずれかに記載の薄板製造装置。

【請求項9】 前記浸漬制御手段は、前記基板が前記融液に浸漬してから前記融液から取出されるまでの間に、前記第1基板搬送手段および前記第2基板搬送手段をそれぞれ独立に制御して、前記基板の表面に薄板を成長させる、請求項8に記載の薄板製造装置。

【請求項10】 前記浸漬制御手段は、前記基板が前記融液に浸漬してから前記融液から取出されるまでの間に、前記第1基板搬送手段および前記第2基板搬送手段

とは独立に、前記基板傾動手段を制御する、請求項9に記載の薄板製造装置。

【請求項11】 前記基板脱着手段は、前記基板の浸漬前に、前記基板を前記基板搬送機構に取りつけるステップと、前記基板の浸漬後に、表面に薄板が成長した前記基板を、前記基板搬送機構から取り外すステップと、を備える、請求項5から10のいずれかに記載の薄板製造装置。

【請求項12】 前記基板の浸漬後に、前記基板搬送機構に前記基板を装着したまま、前記基板の表面に成長した薄板を前記基板から取り外すステップを備える、請求項5から10のいずれかに記載の薄板製造装置。

【請求項13】 前記融液は、シリコンを含む材料である、請求項1から12のいずれかに記載の薄板製造装置。

【請求項14】 基板搬送機構により基板を保持し、前記基板を融液に浸漬させることにより、前記基板表面に薄板を形成する薄板製造方法であって、前記基板を、前記融液に浸漬してから前記融液から取出されるまでの間に、

前記基板を、前記融液に浸漬および取出す方向に、前記基板を搬送するための第1基板搬送手段と、前記第1の方向とは異なる第2の方向に前記基板の搬送を可能とする第2基板搬送手段とを独立して制御するステップを備える、薄板製造方法。

【請求項15】 前記ステップは、前記基板を傾斜させて、前記基板により前記融液面を押しながら前記基板を前記融液から取出すステップを含む、請求項14に記載の薄板製造方法。

【請求項16】 前記基板の浸漬前に、前記基板を前記基板搬送機構に取りつけるステップと、前記基板の浸漬後に、表面に薄板が成長した前記基板を前記基板搬送機構から取り外すステップと、を備える、請求項14または15に記載の薄板製造方法。

【請求項17】 前記基板の浸漬後に、前記基板搬送機構に前記基板を装着したまま、前記基板の表面に成長した薄板を前記基板から取り外すステップを備える、請求項14または15に記載の薄板製造方法。

【請求項18】 前記融液は、シリコンを含む材料である、請求項14から17のいずれかに記載の薄板製造方法。

【請求項19】 請求項1～13のいずれかに記載の薄板製造装置を用いて作製した薄板を用いて製造することを特徴とする太陽電池。

【請求項20】 請求項14～18のいずれかに記載の薄板製造方法により作製した薄板を用いて製造することを特徴とする太陽電池。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(3)

3

【発明の属する技術分野】この発明は、薄板製造装置および薄板製造方法に関し、より特定的には、基板を融液に浸漬させることにより基板上に薄板を成長させる、薄板製造装置および薄板製造方法に関する。

【0002】

【背景の技術】従来の、薄板製造装置の1つとして、たとえば、特開平10-29895号公報に開示される「シリコンリボンの製造装置及びその製造方法」が挙げられる。このシリコンリボンの製造装置においては、回転体の円筒面の一部を、上下可動可能なるつぼに浸漬し、冷却体を回転しながらカーボンネットを引き出すことにより、カーボンネットに続いて固化成長したシリコン薄板を連続的に取り出すことが可能な構成が採用されている。この方法によると、インゴットをワイヤーソーなどによりスライスしてウエハを得る従来のシリコンウエハ製造方法よりも、プロセスコストおよび原料費の双方を低減することが可能である。

【0003】また、回転する冷却体が、シリコンを強制冷却しながら引出すため、引出し速度を大幅に向上することが可能となる。さらに、回転体の大きさや回転数によって引出速度の制御が可能であり、一般的には100 mm/分以上での引出が可能となる。しかしながら、この「シリコンリボンの製造装置及びその製造方法」によれば、回転体が円筒のため、薄板の形状に曲率が残る曲がった板となる問題が生じる。

【0004】そこで、本特許出願と同一の出願人によってなされた、特願平11-369299号（以下、「背景技術」と称する。）においては、このような問題を解決することが可能な、「結晶シート製造装置及び結晶シート製造方法」が開示されている。

【0005】ここで、図11に、この「結晶シート製造装置」の概略構造を示す。この「結晶シート製造装置」の構造においては、複数の基板14は、多角柱回転体12に案内され、一方側から回転しながら、融液6に浸漬され、反対側の融液6から取出され、系外へ搬出される構成を有している。基板14同士は基板連結器15によって、キャタピラ状に連結されている。また、回転軸13は図示しない回転駆動機構により所定回転数に回転制御され、基板14が次々に融液6に案内され、続いて搬出される。融液6は、加熱装置4を備えたるつぼ5内に保持されている。

【0006】この構成からなる「結晶シート製造装置」によれば、多角柱回転体12に案内された平坦な基板14を融液6中に浸漬させることで、基板14上に曲率を持たない平らで反りの無い平板状の薄板からなる結晶シートを凝固成長させることができる。また、多角柱回転体12を連続して回転させることで、基板14から結晶シートを連続的に取り出すことが可能となる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記背

4

景技術における「結晶シート製造装置及び結晶シート製造方法」においては、基板14の運動が回転運動に限られる。そのため、基板14上に薄板を成長させるときの成長条件を制御することが困難である。

【0008】たとえば、基板14の水平方向移動速度と垂直方向移動速度とを、別々に設定することができない。その結果、基板14が融液6に浸入するときの浸入角度を任意に設定できない。また、基板14が融液6中を進行するときの道筋を任意に設定できない。特に、基板14が融液6から脱出するときの脱出角度を任意に設定できない。

【0009】その結果、基板14上に薄板を成長させる条件、基板14が融液6から脱出するときの、薄板と融液6との相対関係の制御条件を任意に設定することができないため、薄板形状の最適化が困難である。特に、薄板が融液6から脱出するときに薄板上に這い上がるメニスカスの制御が困難なため、薄板の末端部に液だれが発生することによる、薄板の形状悪化が問題となる。

【0010】また、基板14が融液6に侵入する前や、脱出した後の基板14の運動を任意に設定できない。これにより、基板14から薄板を剥離取り出しする場所や、基板14を脱着する場所を任意に設定できず、融液6の上方にて行わざるを得なくなる。そのため、前記動作を行うためのメカニカルな機構部が、融液6、るつぼ5、加熱装置4からの輻射や伝達による熱影響を受けやすく、機構部設計が困難となり、量産性を向上することが困難となる。

【0011】このように、上記背景技術における「結晶シート製造装置及び結晶シート製造方法」においては、平板形状の薄板が得られるものの、基板14が回転運動を行うことにより、薄板の形状を最適化することが困難であり、量産性を向上することも困難であるという課題があった。

【0012】したがって、この発明は、上記背景技術の問題点を解決するためになされたものであり、平板形状の薄板が得られるとともに、さらに得られる薄板の形状を最適化することが可能な、薄板製造装置、薄板製造方法、および太陽電池を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本願の発明者らは鋭意研究開発の結果、基板（および基板上に成長する薄板）と、融液との相対関係が、薄板の品質や、薄板の形状に影響を与えていることを見出した。たとえば、基板が融液から脱出するときの末端部は、基板を垂直に近い角度で引上げない限り融液の張力によって、大きな液だまりが残存する。

【0014】このような、基板と融液との相対関係を改善し、最適な相対関係になるよう基板の運動を制御しようとする場合、上記背景技術に開示されるように、基板が一定の軌道上を移動する回転運動では運動を任意に設

50

(4)

5

定できないため、制御が不可能である。そこで、基板運動を任意に設定するためには、基板を自由に動作搬送させるための機構を設計する必要がある。ただし、本発明による装置は、高温の融液を保持するための加熱機構等が存在する場合があるため、基板を搬送する機構が高温にさらされる。そのため、複雑な基板搬送機構を導入することは困難であり、必要最低限の動作を確実に実行する基板搬送機構を発明する必要がある。

【0015】そこで、本願発明における薄板製造装置においては、基板搬送機構に保持された基板を、融液に浸漬させることにより、上記基板表面に薄板を形成するための薄板製造装置であって、上記基板搬送機構は、上記基板を、上記融液に浸漬および取出す方向に、上記基板を搬送するための第1基板搬送手段と、上記第1の方向とは異なる第2の方向に上記基板の搬送を可能とする第2基板搬送手段とを備える。この構成を採用することにより、基板を搬送する際に、基板を少なくとも2方向に移動させることが可能となる。

【0016】また、上記発明において好ましくは、上記第1基板搬送手段および上記第2基板搬送手段をそれぞれ独立して制御することを可能とすることにより、たとえば、第1基板搬送手段として、基板を垂直方向に搬送可能とし、第2基板搬送手段として、基板を水平方向に搬送可能とすることにより、基板の水平方向移動速度と垂直方向移動速度とを、別々に設定することが可能になる。つまり、第1基板搬送手段と第2基板搬送手段とによって規定される2方向を含む平面内において、基板の軌道を自由に設定することが可能になる。これにより、基板（および基板上に成長する薄板）と、融液との相対関係の最適化が図られ、薄板の品質の向上、薄板の形状の向上、薄板の量産性の向上を図ることが可能になる。

【0017】また、上記発明において好ましくは、上記基板搬送機構は、上記基板の表面を上記融液の液面に対して傾斜させるための基板傾動手段をさらに備える。また、好ましくは、上記基板傾動手段は、上記第1基板搬送手段および上記第2基板搬送手段に対して、独立して制御することが可能である。これにより、基板面と融液面との相対関係（角度）を制御することが可能になり、基板が融液から脱出するときの、融液面に対する基板の傾斜角度の最適化を図ることが可能になる。

【0018】また、上記発明において好ましくは、上記基板搬送機構は、上記基板を上記基板搬送機構に対して着脱可能とするための、基板脱着手段をさらに備える。また、好ましくは、上記基板脱着手段は、上記第1基板搬送手段、上記第2基板搬送手段、および上記基板傾動手段に対して、独立して制御することが可能である。

【0019】この構成を採用することにより、基板の耐久性が有限である場合に、基板のみを交換することで基板搬送機構を連続して使用することが可能になり、基板搬送機構全体を取り替える必要が無く、労力、時間、お

6

よびコストの高騰を防止することが可能になる。

【0020】さらに、融液保持手段の上方以外の場所で、上記基板搬送機構に上記基板を脱着することが可能になり、融液保持手段からの上記基板脱着機構への熱移動による、上記基板脱着機構の熱破壊や、熱膨張による精度損失の可能性等の熱による悪影響を回避することが可能になる。

【0021】また、上記発明の構成を採用する場合において、薄板を小数生産する場合のように、常に一定の基板動作軌道を実現すればよい場合は、得たい薄板のための最適軌道を決定し、常に同一の2方向移動パターンと傾動パターンを繰り返すことで目的を満足できる。

【0022】しかし、薄板を連続生産する量産化を考えた場合などは、長時間運転が必要となる。この場合、上述したように2つの移動方向を独立制御し、そのときに適した移動パターンを設定することができるようにし、また、基板面も傾動を独立制御できるようにし、さらに、基板の脱着も、基板の経時変化に応じて取りつけ取り外しを、基板の移動や傾動とは独立して制御することを可能にすることで、たとえば、融液量（融液の高さ等の絶対位置）が経時的に変化することや、装置内雰囲気（融液の温度）が経時的に変化することなど要因に対して、容易に基板の移動パターンおよび傾動パターンを経時的に最適パターンに設定することが可能になる。

【0023】また、上記発明において好ましくは、上記融液を保持する融液保持手段を備え、上記融液保持手段と上記基板搬送機構との間に、熱遮蔽手段をさらに備える。これにより、融液保持手段からの基板搬送機構への熱移動を抑制することが可能になる。

【0024】また、上記発明において好ましくは、上記基板搬送機構は、上記基板を、金属材料もしくは半導体材料のうち少なくともいずれか一方を含有する材料の上記融液に浸漬させる浸漬制御手段と、浸漬された上記基板を上記融液から取出すことにより、上記基板表面に上記材料の薄板を成長させる薄板成長制御手段とを備える。また、好ましくは、前記浸漬制御手段は、前記基板が前記融液に浸漬してから前記融液から取出されるまでの間に、前記第1基板搬送手段および前記第2基板搬送手段をそれぞれ独立に制御して、前記基板の表面に薄板を成長させる、これにより、第1基板搬送手段として、基板を垂直方向に搬送可能とし、第2基板搬送手段として、基板を水平方向に搬送可能とすることにより、基板の水平方向移動速度と垂直方向移動速度とを、別々に設定することが可能になる。つまり、第1基板搬送手段と第2基板搬送手段とによって規定される2方向を含む平面内において、基板の軌道を自由に設定することが可能になる。これにより、基板（および基板上に成長する薄板）と、融液との相対関係の最適化が図られ、薄板の品質の向上、薄板の形状の向上、薄板の量産性の向上を図ることが可能になる。

(5)

7

【0025】また、基板が融液に浸漬する直前までは、基板は直線的に移動してきてもかまわない。そのほうが、移動時間が短縮され、タクトおよびコストを削減できる場合も考えられる。同様に、基板が融液から脱出した後も、2方向が独立制御される必要は無く、好ましくは、基板が融液に入り始める時点から、融液から取出される時点まで区間において、基板を2方向に独立制御することが好ましい。

【0026】また、上記発明において好ましくは、上記浸漬制御手段は、上記基板が上記融液に浸漬してから上記融液から取出されるまでの間に、上記第1基板搬送手段および上記第2基板搬送手段とは独立に、上記基板傾動手段を制御する。

【0027】具体的には、少なくとも、基板が融液に浸漬してから融液から離れるまでの間に、基板が独立制御されて傾動する必要がある。たとえば、基板が融液に浸漬する直前までは、基板角度は固定していても構わない。そのほうが、基板移動の安定性が向上する場合も考えられる。同様に、基板が融液から脱出した後も、基板傾動が独立制御される必要は無い。したがって、基板が融液に入り始める時点から、融液からの取出しが完了する時点まで、基板の傾動の独立制御が必要となる。

【0028】これにより、基板面と融液面との相対関係（角度）を制御することが可能になり、基板が融液から取出されるときの、融液面に対する基板の傾斜角度の最適化を図ることが可能になる。

【0029】また、上記発明において好ましくは、上記基板脱着手段は、上記基板の浸漬前に、上記基板を上記基板搬送機構に取りつけるステップと、上記基板の浸漬後に、表面に薄板が成長した上記基板を、上記基板搬送機構から取り外すステップとを備える。

【0030】これにより、浸漬前に基板を取り付け、浸漬後に薄板ごと基板を取り外して、系外へ送り出すことによって、基板から薄板を取り外す工程を装置外で行えること、基板表面の毎回のリフレッシュが行えることが可能になり、薄板の量産性を図ることが可能になる。

【0031】また、上記発明において好ましくは、上記基板の浸漬後に、上記基板搬送機構に上記基板を装着したまま、上記基板の表面に成長した薄板を上記基板から取り外すステップを備える。これにより、薄板の量産性を図ることが可能になる。

【0032】また、上記発明において好ましくは、上記融液は、シリコンを含む材料である。

【0033】次に、この発明に基いた薄板製造方法においては、基板搬送機構により基板を保持し、上記基板を融液に浸漬させることにより、上記基板表面に薄板を形成する薄板製造方法であって、上記基板を、上記融液に浸漬してから上記融液から取出されるまでの間に、上記基板を、上記融液に浸漬および取出す方向に、上記基板を搬送するための第1基板搬送手段と、上記第1の方向

8

とは異なる第2の方向に上記基板の搬送を可能とする第2基板搬送手段とを独立に制御するステップとを備える。このステップを採用することにより、基板を搬送する際に、基板を少なくとも2方向に移動させることが可能となる。

【0034】また、上記発明において好ましくは、上記第1基板搬送ステップは、上記基板を傾斜させて、上記基板により上記融液面を押しながら上記基板を上記融液から取出すステップを含む。このステップを採用することにより、基板を取出すときに、融液が常に基板の表面に衝突する方向に進むことになる。その結果、融液が基板に常に圧力を与え続けるため、基板表面に融液が残り難い状態となり、薄板に生じる突起の減少を図ることが可能になる。

【0035】また、上記発明において好ましくは、上記基板の浸漬前に、上記基板を上記基板搬送機構に取りつけるステップと、上記基板の浸漬後に、表面に薄板が成長した上記基板を、上記基板搬送機構から取り外すステップとを備える。このステップを採用することにより、浸漬前に基板を取り付け、浸漬後に薄板ごと基板を取り外して、系外へ送り出すことによって、基板から薄板を取り外す工程を装置外で行えること、基板表面の毎回のリフレッシュが行えることが可能になり、薄板の量産性を図ることが可能になる。

【0036】また、上記発明において好ましくは、上記基板の浸漬後に、上記基板搬送機構に上記基板を取付けたまま、上記基板の表面に成長した薄板を上記基板から取り外すステップを備える。このステップを採用することにより、薄板の量産性を図ることが可能になる。

【0037】また、上記発明において好ましくは、上記融液は、シリコンを含む材料である。

【0038】次に、この発明に基いた太陽電池においては、上記薄板製造装置または薄板製造方法により製造した薄板を用いて作製される。上記薄板製造装置または薄板製造方法により製造した薄板を用いて作製された太陽電池においては、製造工程における歩留まりの向上（良品率の向上）および太陽電池変換効率の向上を図ることが可能になる。

【0039】

【発明の実施の形態】以下、この発明に基いた各実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法について、図を参照しながら説明する。

【0040】（実施の形態1）まず、図1および図2を参照して、本実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法について説明する。なお、図1は本実施の形態における薄板製造装置の全体構成を示す模式図であり、図2は、後述する基板搬送機構1の拡大図である。

【0041】（薄板製造装置1000の全体構成）まず、図1を参照して、本実施の形態における薄板製造装置1000の全体構成について説明する。この薄板製造



9

装置1000においては、基板が水平方向104と垂直方向105の2方向に移動できる構成とする。この薄板製造装置1000は、基板搬送機構1を備え、この基板搬送機構1は水平方向移動軸8に沿って、水平方向104に移動可能のように設けられている。水平方向移動軸8は、リニアレールを有し、基板搬送機構1に備えられたユニット103（後述の図2参照）内に設けられた水平方向移動用モータを用いることで、基板搬送機構1およびこの基板搬送機構1に保持された基板2は水平方向104に自由に移動することが可能である。

【0042】水平方向移動軸8は、垂直方向移動軸9に沿って移動可能のように設けられている。水平方向移動軸8は垂直方向移動用モータ7に連結されている。垂直方向移動軸9を、歯を刻んだリニアレールとし、垂直方向移動用モータ7を作動させることで、垂直方向移動用モータ7に連結された水平方向移動軸8、水平方向移動軸8に設けられた基板搬送機構1、および基板搬送機構1に保持された基板2を、垂直方向105に自由に移動することが可能となる。その結果、基板2は、水平方向移動軸8と垂直方向移動軸9によって定義される平面内を、自由に移動することが可能である。移動のためには、水平方向移動軸8および垂直方向移動軸9のいずれかもしくは両方を、ボールネジなどの機構として、動作することも可能である。

【0043】水平方向移動軸8の下方には、融液6を保持するためのろつば5、および融液6を加熱するための加熱機構4が配置されている。融液6の上方には、基板固定部材101（後述）およびユニット103（後述）と、融液6との間を断熱するために、熱遮蔽機構10が配置されている。この熱遮蔽機構10には、水冷される金属の板、耐熱性の強い断熱板などの断熱性に富んだ装置、部材等が用いられる。これにより、基板固定部材101（後述）およびユニット103（後述）への熱影響による、機構の熱破壊や、熱膨張による水平方向移動軸8の直線性劣化に基く精度損失を回避することが可能になる。

【0044】（基板搬送機構1の詳細構造）次に、図2を参照して、基板搬送機構1の詳細構造について説明する。本実施の形態においては、基板搬送機構1は、水平方向移動用モータおよび傾動用モータを含むユニット103に、2本の基板傾動軸102が接続されている。2本の基板傾動軸102をそれぞれ独立して昇降（図中矢印106に示す方向）させることにより、その下部に接続された基板固定部材101を傾動させることが可能である。

【0045】本実施の形態では、基板2と基板固定部材101との着脱機構として、凹凸形状により相互に嵌合する機構が採用している。なお、この機構としては、他の公知の着脱機能の適用が可能である。また、基板2を基板固定部材102に装着する場合、基板2を基板固定

(6)

10

部材102から取外す場合は、加熱機構4から離れた場所に脱着機構（図示せず）を設置する。

【0046】ここで、基板2には、耐熱性に優れ、かつ成長する薄板3を汚染しないものとして、カーボン、SiC、高融点金属など、およびこれらの材質を他物質で被覆したものが望まれる。本実施の形態においてはカーボン製基板とした。また薄板3を成長させる基板2の表面は平面状とした。ただし、この平面が完全に平滑な場合に限らず、その表面に特定の形状加工を施しても構わない。

【0047】また、本実施の形態において、融液6からの固化成長により、薄板3の結晶状態としては、温度等の条件によって、単結晶、多結晶、非晶質、結晶質と非晶質が混在した物質となることが考えられる。

【0048】融液6には、シリコン、ゲルマニウム、ガリウム、ヒ素、インジウム、リン、碲素、アンチモン、亜鉛、すずなどの半導体材料、または、アルミニウム、ニッケル、鉄などの金属材料を使用することが可能である。

【0049】（薄板製造装置1000の制御および薄板製造方法）基板搬送機構1を動作させるためには、図3に示すように、パソコン200から水平方向移動用モータ201、垂直方向移動用モータ7、および傾動用モータ202に、それぞれに別の動作パターンを送り、水平方向移動用モータ201、垂直方向移動用モータ7、および傾動用モータ202をそれぞれ独立して制御させる。水平方向移動用モータ201、垂直方向移動用モータ7、および傾動用モータ202の動作パターンは、時間や温度等のパラメータにより、自動もしくは手動で切り替えるようにする。このように、水平方向移動用モータ201、垂直方向移動用モータ7、および傾動用モータ202をそれぞれ独立して制御することにより、基板2の軌道を、目的に適したように制御することが可能となる。また、基板2が融液6に浸漬される直前までの区間と、基板2が融液6に浸漬された直後以降の区間は、水平方向移動のみの移動（垂直方向移動または傾動は行わない）とする制御を選択することも可能である。

【0050】次に、融液6としてシリコン融液を用い、このシリコン融液6からシリコン多結晶薄板3を製造する場合についての、薄板製造装置1000の制御および薄板製造方法について説明する。図1を参照して、シリコン融液6から離れた位置で、基板2を基板搬送機構1に装着する。次に、水平方向移動用モータ201を駆動させて、基板搬送機構1により、シリコン融液6の直上にまで基板2を搬送し、さらに、水平方向移動用モータ201および垂直方向移動用モータ7をそれぞれ独立に駆動させることにより、基板2に任意の軌道を与えて、基板2をシリコン融液6に浸漬させる。続いてシリコン融液6から基板2を取り出すことで、基板2上にシリコン多結晶薄板3を成長させる。また、基板2のシリコン融

(7)

11

液6への浸漬時から取出し時においては、傾動用モータ202、水平方向移動用モータ201および垂直方向移動用モータ7は、それぞれ独立に制御して、基板2に所定の傾きを与える。

【0051】その後、水平方向移動用モータ201および垂直方向移動用モータ7を用いて、シリコン多結晶薄板3が成長した基板2を、シリコン融液6から離れた位置まで搬送する。その後、基板搬送機構1から基板2を取外し、基板2から成長したシリコン多結晶薄板3を得る。

【0052】基板2を基板搬送機構1から取外せずに、基板2から成長したシリコン多結晶薄板3を取外す方法としては、図4に示すように、複数の吸引孔16aを有するステージ16上に基板搬送機構1により基板2を搬送し、吸引孔16aによりシリコン多結晶薄板3を真空吸着する。その後、ステージ16に設けられたアーム16bにより、シリコン多結晶薄板3を吸引保持したステージ16を、薄板ストック位置または外部の搬出機構に移動させて、シリコン多結晶薄板3をステージ16から取外す。この一連のシリコン多結晶薄板3の取外し動作は、基板搬送機構1の移動動作とタイミングを合わせながら行なう。

【0053】(基板2の軌道ステップ) 本実施の形態におけるシリコン多結晶薄板3を成長させるための、基板2の具体的な軌道ステップについて、図5を参照しながら、以下説明する。

【0054】第1ステップ：水平方向移動用モータ201および垂直方向移動用モータ7を制御しながら、基板2をシリコン融液6の液面の、直上10mmの位置まで移動させる。このとき、基板2の傾斜角度(水平に対する角度)は水平とする。

【0055】第2ステップ：水平方向移動用モータ201および垂直方向移動用モータ7を制御しながら、基板2の先端部が浸漬し始めてから、基板2がシリコン融液6の液面から20mm浸漬する時点までは、水平方向移動速度と垂直方向移動速度とを一定(それぞれ100mm/秒、50mm/秒)に制御する。基板2の傾斜角度は水平(一定)のままとする。

【0056】第3ステップ：基板2がシリコン融液6の液面から20mm浸漬した時点で、水平方向移動速度500mm/秒、垂直方向移動速度を0mm/秒となるように、水平方向移動用モータ201および垂直方向移動用モータ7を制御し、基板2を水平方向に10mm移動させる。

【0057】第4ステップ：次に、基板2を進行方向側が上方を向き、基板傾斜角度が10°となるように、傾動用モータ202を制御する。水平方向移動速度と垂直方向移動速度は一定(それぞれ100mm/秒、10mm/秒)となるように水平方向移動用モータ201および垂直方向移動用モータ7を制御し、基板2をシリコン

12

融液6から取出す。

【0058】第5ステップ：基板2の末端部が脱出した時点で基板傾斜角度が45°となるように、傾動用モータ202を制御する。その後、垂直方向移動用モータ7を制御して、基板2を垂直方向に100mm/秒で30mm上昇させる。

【0059】第6ステップ：次に、傾動用モータ202を制御して、基板2を水平状態に戻し、水平方向移動用モータ201を制御して、基板2を取出し位置まで搬送する。

【0060】なお、基板2の大きさは100mm角、基板2のシリコン融液6への浸漬時間は約4秒である。基板搬送機構1への基板2の取付け時間は約5秒、取付け位置から基板2の浸漬位置までの移動時間は3秒、浸漬4秒、基板2を取出し位置まで搬送する移動時間は3秒、基板2の基板搬送機構1からの取り外し時間は約5秒、取り外し位置から取りつけ位置までの基板搬送機構1の戻り時間が9秒であった。その結果、一連の工程に要する時間は約29秒(5秒+3秒+4秒+3秒+5秒+9秒)である。ただし、基板取りつけ位置と取り外し位置とを同一場所とすることや、加熱機構4の両サイドに基板取りつけ機構と取り外し機構を併設するなどの工夫により、戻り時間を短縮させることができ、一連の工程に要する時間は約20秒となる。

【0061】(作用・効果) 以上、本実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法により製造したシリコン多結晶薄板3によれば、基板2をシリコン融液6から取出すときに、従来の製造方法では生じていたシリコン多結晶薄板3の末端部に発生する高さ4mm程度の液だれを、1mm程度に減少させることが可能となった。これは、基板2をシリコン融液6から取出すときに、基板2とシリコン融液6との角度を増大させたため、シリコン融液6が流れ落ちやすく、液だれが減少したためである。

【0062】したがって、上述したように、水平方向移動用モータ201、垂直方向移動用モータ7、および傾動用モータ202をそれぞれ独立して制御させることにより水平方向移動軸8と垂直方向移動軸9とによって定義される平面内において、基板2の軌道を自由に設定することが可能になる。さらに、傾動用モータ202により2本の基板傾動軸102を制御して基板2の傾斜角度を独立して制御可能にすることにより、基板2の表面とシリコン融液6の液面との相対関係(角度)を制御することが可能になり、基板2がシリコン融液6から脱出するときの、シリコン融液6の面に対する基板2の傾斜角度の最適化を図ることが可能になる。

【0063】これにより、基板2(および基板2上に成長するシリコン多結晶薄板3)と、シリコン融液6との相対関係の最適化が図られ、シリコン多結晶薄板3の品質の向上、シリコン多結晶薄板3の形状の向上、および



(8)

13

シリコン多結晶薄板3の量産性の向上を図ることが可能になる。

【0064】また、基板搬送機構1は、基板2を基板搬送機構1に対して着脱可能な構成を採用していることから、基板2の耐久性が有限である場合に、基板2のみを交換することで基板搬送機構1を連続して使用することが可能になり、基板搬送機構全体1を取り替える必要が無く、労力、時間、およびコストの高騰を防止することが可能になる。

【0065】さらに、るつぼ5の上方以外の場所で、基板搬送機構1に基板2の脱着をおこなうことができるため、るつぼ5からの基板脱着機構1への熱移動による、基板脱着機構1の熱破壊や、熱膨張による精度損失の可能性等の熱による悪影響を回避することが可能になる。

【0066】また、シリコン多結晶薄板3を連続生産する量産化を考えた場合、基板2の脱着も、基板2の経時変化に応じて取りつけ取り外しを、基板2の移動や傾動とは独立して制御することを可能にすることで、たとえば、シリコン融液6の量(融液の高さ等の絶対位置)が経時的に変化することや、装置内雰囲気を経時的に変化することなど要因に対して、容易に基板2の移動パターンおよび傾動パターンを経時的に最適パターンに設定することが可能になる。

【0067】(実施の形態2)次に、図6を参照して、本実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法について説明する。なお、図6は本実施の形態における薄板製造装置2000の全体構成を示す模式図である。

【0068】本実施の形態における薄板製造装置2000の基本構成は実施の形態1における薄板製造装置1000と同じである。薄板製造装置2000の薄板製造装置1000と異なる点は、基板搬送機構1へ基板2の装着および取り外しを行わずに、薄板3だけを基板2から剥離し回収する点にある。したがって、薄板製造装置2000の装置構成は基本的には上述した薄板製造装置1000と同一であるため、図6において同一部分には同一の参照番号を付し、薄板製造装置2000の詳細な説明は省略する。また、基板搬送機構1の詳細構造についても、上述した薄板製造装置1000に適用される基板搬送機構1と同一であるため、詳細な説明は省略する。

【0069】本実施の形態では、基板搬送機構1に取付けられた基板2を、融液6の直上まで搬送し、実施の形態1と同様に任意の軌道で、基板2を融液6に浸漬し、続いて融液6から取出すことで、基板上に薄板3を成長させ、基板2および薄板3を取出し位置まで搬送し、薄板3のみを基板2から取外すまでの、一連の動作で、薄板3を製造した。

【0070】(薄板製造装置2000の制御および薄板製造方法)次に、薄板製造装置2000の制御および薄板製造方法については、基本的には薄板製造装置1000の制御および薄板製造方法と同じであり、シリコン多

14

結晶薄板3を製造した。基板2の軌道ステップについても、図5で説明したステップと同様であるが、基板搬送機構1へ基板2の装着および取り外しを行わずに、シリコン多結晶薄板3だけを基板2から剥離し回収するステップが異なっている。

【0071】したがって、基板2の取付け取外し時間が不要となり、浸漬時間は約4秒、基板を取出し位置まで搬送する移動時間は3秒、薄板3の基板2からの取外し時間は約5秒、取り外し位置から浸漬位置までの戻り時間が6秒であった。このため、一連の工程に要する時間は約18秒(4秒+3秒+5秒+6秒)となる。

【0072】(作用・効果)以上、本実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法によれば、上記実施の形態1と同様の作用効果を得ることができる。さらに、基板搬送機構1へ基板2の装着および取り外しを行わずに、シリコン多結晶薄板3だけを基板2から取外し回収するステップを採用していることから、基板2の取付け取外し時間が不要となり、シリコン多結晶薄板3の製造時間の短縮化を図ることが可能になる。

【0073】(実施の形態3)次に、図7を参照して、本実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法について説明する。なお、図7は本実施の形態における薄板製造装置3000の全体構成を示す模式図である。本実施の形態における薄板製造装置3000は、基板2を水平方向と垂直方向とを含め、3次元空間内を自由に移動できる構成とする。なお、上述した薄板製造装置1000と同一部分には同一の参照番号を付し、詳細な説明は省略する。また、自在アーム型の基板搬送機構11の先端部分に設けられる、基板2を傾動させるための傾動機構についても、実施の形態1において説明した、図2に示す機構と同様の機構が採用されているため、ここでの詳細な説明は省略する。

【0074】本実施の形態における基板搬送機構11は、伸縮自在の機構を有する伸縮自在アーム112を有し、この伸縮自在アーム112により、高速および広範囲に基板2の水平方向移動を行うことを可能としている。また、伸縮自在アーム112の支持側に、アーム動作機構(図示せず)を組み合わせることで、伸縮自在アーム112を3次元空間内で自在に移動させることが可能である。

【0075】基板2の傾動や、細かい垂直水平動作は、伸縮自在アーム112の中間位置に設けられる関節、伸縮自在アーム112の先端部分に設けられる基板傾動用モータ111と伸縮自在アーム112と接続部関節により動作可能である。また、実施の形態1の場合と同様に、基板傾動軸の動作によって基板傾動を調整することが可能である。

【0076】また、加熱機構4、るつぼ5、および融液6の上方には、実施の形態1と同様に、基板固定部材101および基板傾動用モータ111への熱移動を防止す

(9)

15

るために、熱遮蔽機構10を設置した方が望ましい。熱遮蔽機構10には、実施の形態1と同様に、水冷される金属の板や、耐熱性の強い断熱板などを用いる。これにより、基板固定部材101、基板傾動用モータ111、および伸縮自在アーム112への熱影響による、機構の熱破壊や、熱膨張による水平方向移動軸8の直線性劣化に基く精度損失を回避することが可能になる。

【0077】基板2の基板搬送機構11への取付け、または、取り外しを行う場所は、伸縮自在アーム112の長さを必要以上に長くしないために、伸縮自在アーム112の根元近傍に設置することが望ましい。そのため、本実施の形態においては、基板2の基板搬送機構11への脱着機構を、伸縮自在アーム112の根元側に併設した。

【0078】(薄板製造装置3000の制御および薄板製造方法)次に、薄板製造装置3000の制御および薄板製造方法については、基本的には薄板製造装置1000の制御および薄板製造方法と同じであり、シリコン多結晶薄板3を製造した。基板2の軌道ステップについても、図5で説明したステップと同様である。

【0079】本実施の形態の場合、基板2の取付け時間は約5秒、基板2の脱着位置からシリコン融液6の浸漬位置までの移動時間は3秒、浸漬時間は4秒、基板2を脱着位置までの戻り時間は6秒、基板2取り外し時間は約5秒であった。このため、一連の工程に要する時間は約23秒(5秒+3秒+4秒+6秒+5秒)となる。

【0080】(作用・効果)以上、本実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法によれば、上記実施の形態1と同様の作用効果を得ることができる。

【0081】(実施の形態4)次に、本実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法について説明する。本実施の形態における薄板製造装置の基本構成は、図7に示す実施の形態3における薄板製造装置3000と同じである。実施の形態3の場合と異なるのは、基板搬送機構1へ基板2の装着および取り外しを行わずに、薄板3だけを基板2から剥離し回収する点にある。

【0082】本実施の形態では、基板搬送機構1に取付けられた基板2を、融液6の直上まで搬送し、実施の形態1と同様に任意の軌道で、基板2を融液6に浸漬し、続いて融液6から取出すことで、基板上に薄板3を成長させ、基板2および薄板3を取出し位置まで搬送し、薄板3のみを基板2から取外すまでの、一連の動作で、薄板3を製造した。

【0083】(薄板製造装置の制御および薄板製造方法)次に、薄板製造装置制御および薄板製造方法については、基本的には薄板製造装置3000の制御および薄板製造方法と同じであり、シリコン多結晶薄板3を製造した。基板2の軌道ステップについても、図5で説明したステップと同様であるが、基板搬送機構1へ基板2の装着および取り外しを行わずに、シリコン多結晶薄板3

16

だけを基板2から剥離し回収するステップが異なっている。

【0084】したがって、基板2の取付け取外し時間が不要となり、基板2の着脱位置から基板2の浸漬位置までの移動時間は約3秒、基板2の浸漬時間は約4秒、基板2の着脱位置への戻り時間は約6秒、シリコン多結晶薄板3の取外し時間は約5秒であった。このため、一連の工程に要する時間は約18秒(3秒+4秒+6秒+5秒)となる。

【0085】(作用・効果)以上、本実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法によれば、上記実施の形態3と同様の作用効果を得ることができる。さらに、基板搬送機構1へ基板2の装着および取り外しを行わずに、シリコン多結晶薄板3だけを基板2から取外し回収するステップを採用していることから、基板2の取付け取外し時間が不要となり、シリコン多結晶薄板3の製造時間の短縮化を図ることが可能になる。

【0086】(実施の形態5)上記実施の形態1~4に記載の薄板製造装置および薄板製造方法と、図11に示す背景技術における薄板製造装置および薄板製造方法によって作製したシリコン薄板を用いて、太陽電池の試作を行なった。

【0087】シリコン薄板に施される試作プロセスは、第1プロセス：洗浄、第2プロセス：テクスチャーエッチング、第3プロセス：P拡散、第4プロセス：バックエッチング、第5プロセス：反射防止膜、第6プロセス：裏電極形成、第7プロセス：表電極形成、第8プロセス：リード付けである。

【0088】なお、図11に示す背景技術における薄板製造装置においては、基板14は、カーボン製基板とした。またシリコン多結晶薄板3を成長させる基板14の表面は、平面状とした。製造プロセスとしては、まず、基板を100mm角とし、多角柱回転体12+基板14の、面と面との間の距離(基板中心部の回転半径)が400mmになるように多角柱回転体12を設計した。

【0089】基板14の浸漬条件は、上記各実施の形態に記載の浸漬深さ(20mm)および浸漬時間(4秒)に近づけるため、最深浸漬深さ20mmとし、浸漬時間を4秒とした。基板14は連続して案内されているため、一連の工程に要する時間は、浸漬時間とほぼ等しく4秒である。作製したシリコン多結晶薄板3は、基板14が融液から脱出するときの末端部に発生する液だれの高さが4mm程度であった。これは、脱出直後の基板14の傾動角度を制御する手段が無いため、基板面と融液面の角度は常に低角度であり、液が流れ落ちにくく、液だれが増加したためである。

【0090】浸漬深さや回転数を設定することで、若干の薄板成長条件や基板と融液との相対関係を制御することは可能であるが、任意に基板の浸漬運動を制御することができないために、基板に液だまりが残存した。

(10)

17

【0091】図8に、各実施の形態における、液だれ高さ、太陽電池試作における歩留、太陽電池変換効率を示す。実施の形態1から4におけるシリコン多結晶薄板3は、液だれが1mmと小さいため、電極形成時の印刷が均一に行なえた。しかし、背景技術によって作製されたシリコン多結晶薄板3は液だれによる影響で、スクリーンが破れたり、電極が部分的ににじんだり、断線した。スクリーン破損と電極断線によって、背景技術によるシリコン多結晶薄板3にて太陽電池試作を行った際の、良品率（太陽電池試作歩留）は78%と低い。一方、液だれを抑制した本実施の形態におけるシリコン多結晶薄板3の場合には、歩留を92%に向上することが可能となった。また、電極のにじみの影響で、背景技術によるシリコン多結晶薄板3にて太陽電池試作を行った際の太陽電池変換効率は11%と低い、液だれを抑制した本実施の形態におけるシリコン多結晶薄板3の場合には、効率を13%に向上することが可能となった。

【0092】（実施の形態6）次に、図9を参照して、本実施の形態における薄板製造装置および薄板製造方法について説明する。なお、図9は本実施の形態における薄板製造装置を用いた場合の基板2の軌道ステップを示す模式図である。

【0093】本実施の形態における薄板製造装置の構成は実施の形態1における薄板製造装置1000と同じである。実施の形態1との相違点は、基板2を融液6から取出すときの基板2の傾動角度にある。したがって、ここでは、本実施の形態における基板2の軌道ステップについてのみ説明する。

【0094】（基板2の軌道ステップ）まず、図5に示す基板2の軌道ステップのうち、第1ステップから第3ステップまでは、同様の制御により、基板2をシリコン融液6内に浸漬させる。その後、図9に示す以下の軌道ステップを採用する。

【0095】第4ステップ：基板2を進行方向側が上方を向き、基板傾斜角度が $[\theta 1^\circ]$ となるように、傾動用モータ202を制御する。水平方向移動速度と垂直方向移動速度は一定（それぞれ100mm/秒、10mm/秒）となるように水平方向移動用モータ201および垂直方向移動用モータ7を制御し、基板2をシリコン融液6から取出す。

【0096】第5ステップ：末端部が脱出した時点で基板傾斜角度が $45^\circ$ となるように、傾動用モータ202を制御する。その後、垂直方向移動用モータ7を制御して、基板2を垂直方向に100mm/秒で30mm上昇させる。

【0097】第6ステップ：次に、図5に示す基板2の軌道ステップと同様に、傾動用モータ202を制御して、基板2を水平状態に戻し、水平方向移動用モータ201を制御して、基板2を取出し位置まで搬送する。なお、図9中の $\theta 2$ は、 $5.7^\circ$ である。ここで、 $\theta 2$

18

は、基板の移動ベクトルと融液面との間に形成される角度を意味する。基板2の大きさは、実施の形態1と同様に100mm角である。

【0098】ここで、上記基板傾斜角度 $[\theta 1^\circ]$ を、1.  $4^\circ$ （略水平に近い）、5.  $7^\circ$ （基板移動ベクトルと平行）、および $10^\circ$ （実施の形態1と同様）の3パターンの場合について、浸漬ステップを実施し、シリコン多結晶薄板3の表面に生じる突起数を比較した。結果を図10に示す。

10 【0099】図10から明らかなように、シリコン多結晶薄板3の表面に生じる突起数は、基板傾斜角度 $[\theta 1^\circ]$ が小さいほど（水平に近いほど）多くなる。これは、以下に示す理由に基くものと考えられる。

【0100】 $\theta 1 < \theta 2$ の場合、基板2の表面がシリコン融液6から出るとき、融液6を引きつつ脱出する（メニスカス位置（融液と基板との界面）が基板進行方向と逆方向に進む）。

20 【0101】 $\theta 1 = \theta 2$ の場合、メニスカス位置（融液と基板との界面）は変化しない。 $\theta 1 > \theta 2$ の場合、基板2の表面がシリコン融液6から出るとき、融液6を押しつつ脱出する（メニスカス位置（融液と基板との界面）が基板進行方向と順方向に進む）。

【0102】 $\theta 1 < \theta 2$ の場合、基板および成長した薄板を基準に見ると、融液が基板から離れる方向に進むため、融液が基板に圧力を与えることができず、基板表面に融液が残りがやすい状態になる。その結果、基板の表面に残った融液が表面張力で突起状になると考えられる。

30 【0103】一方、 $\theta 1 > \theta 2$ の場合、融液が常に基板にぶつかる（衝突する）方向に進むため、融液が基板に対して常に圧力を与え続けることになる。その結果、基板の表面に融液が残りにくい状態になり、突起が減少すると考えられる。

40 【0104】（実施の形態7）上記実施の形態6における薄板製造装置および薄板製造方法により作製したシリコン多結晶薄板3を用いて、上記実施の形態5と同様の試作プロセス（第1プロセス～第8プロセス）により、太陽電池を試作した。図10に、基板2の軌道ステップの基板傾斜角度 $[\theta 1^\circ]$ が、1.  $4^\circ$ 、5.  $7^\circ$ 、および $10^\circ$ において試作した突起の個数、太陽電池の歩留および変換効率を示す。

50 【0105】基板傾斜角度 $[\theta 1^\circ]$ が $10^\circ$ の場合、突起数が0であるため、電極形成時の印刷が均一に行なえたが、 $[\theta 1^\circ]$ が $1.4^\circ$ の場合、シリコン多結晶薄板3は突起（20個発生）の影響により、印刷電極が部分的ににじんだり、破断した。電極断線によって、太陽電池試作を行なった際の、良品率（太陽電池試作歩留）は、84%と低い。一方、突起を抑制したシリコン多結晶薄板3の場合には、歩留を92%に向上することが可能となった。また、電極のにじみの影響で、背景技術によるシリコン多結晶薄板3にて太陽電池試作を行った際

(11)

19

の太陽電池変換効率は12%と低いが、突起を抑制したシリコン多結晶薄板3の場合には、効率を13%に向上することが可能となった。

【0106】なお、上記各実施の形態においては、シリコン多結晶薄板3を作製する場合について説明しているが、融液として、ゲルマニウム、ガリウム、ひ素、インジウム、リン、碲素、アンチモン、亜鉛、すずなどの半導体材料、または、アルミニウム、ニッケル、鉄などの金属材料を使用した場合には、使用した熔融材料に対応する薄板においても同様の作用効果を得ることが可能である。

【0107】なお、今回開示された各実施の形態はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0108】

【発明の効果】この発明における薄板製造装置および薄板製造方法によれば、基板の軌道を制御することにより、基板（および基板上に成長する薄板）と、融液との相対関係の最適化が図られ、薄板の品質および形状の向上（液だれ、突起発生の防止）、薄板の量産性の向上を図ることが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施の形態1における薄板製造装置の全体構成を示す模式図である。

【図2】 基板搬送機構1の拡大図である。

【図3】 実施の形態1における薄板製造装置の制御ブロックの一部を示す図である。

【図4】 基板2から成長したシリコン多結晶薄板3を取外す方法を示す模式図である。

20

【図5】 シリコン多結晶薄板3を成長させるための基板2の軌道ステップを示す模式図である。

【図6】 実施の形態2における薄板製造装置の全体構成を示す模式図である。

【図7】 実施の形態3における薄板製造装置の全体構成を示す模式図である。

【図8】 実施の形態1～4、および背景技術におけるシリコン多結晶薄板3を用いて作製された太陽電池試作における、液だれ高さ、太陽電池試作歩留、太陽電池交換効率を示す図である。

【図9】 実施の形態6における、シリコン多結晶薄板3を成長させるための基板2の軌道ステップの、第4および第5ステップを示す模式図である。

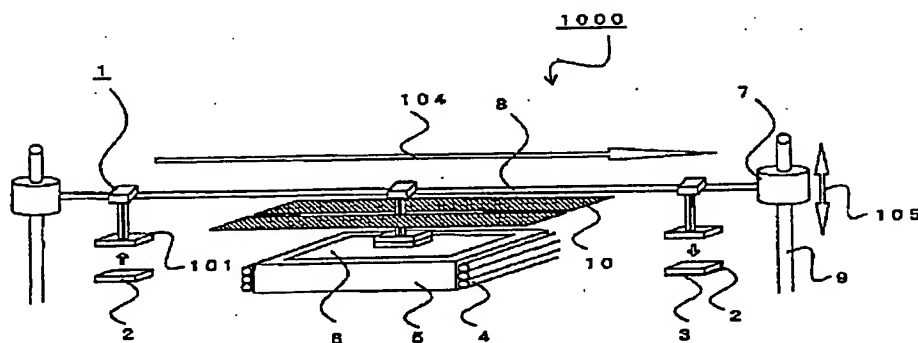
【図10】 実施の形態6におけるシリコン多結晶薄板3を用いて作製された太陽電池試作における、突起の個数、太陽電池試作歩留、太陽電池交換効率を示す図である。

【図11】 背景技術に開示される「結晶シート製造装置」の概略構造を示す図である。

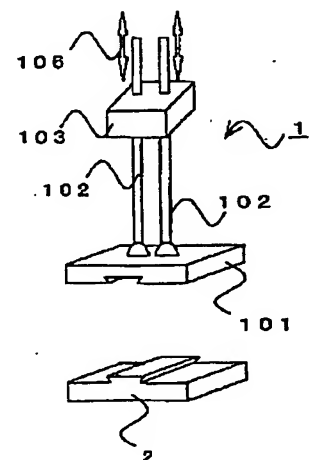
【符号の説明】

1 基板搬送機構、3 シリコン多結晶薄板、4 加熱機構、5 るつぼ、6 融液、7 垂直方向移動用モータ、8 水平方向移動軸、9 垂直方向移動軸、10 熱遮蔽機構、11 基板搬送機構、16 ステージ、16a 吸引孔、16b アーム、101 基板固定部材、102 基板傾動軸、103 ユニットの、104 水平方向、105 垂直方向、106 昇降方向、111 基板傾動用モータ、112 伸縮自在アーム、200 パソコン、201 水平方向移動用モータ、202 傾動用モータ、1000、2000、3000 薄板製造装置。

【図1】

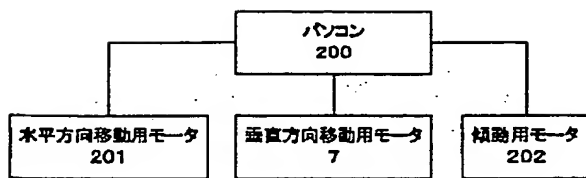


【図2】

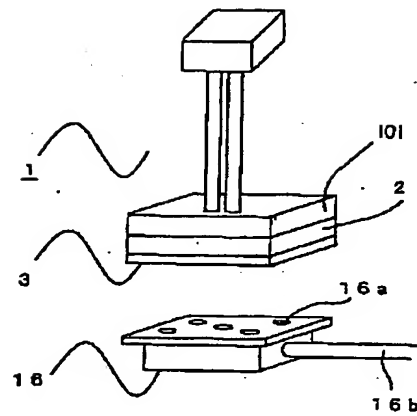


(12)

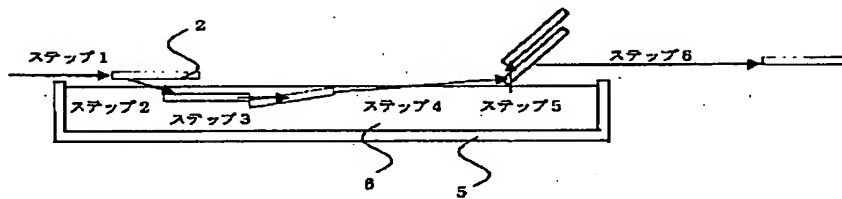
【図3】



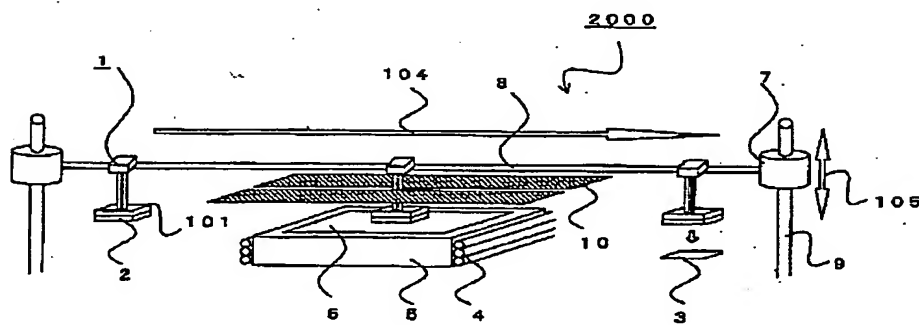
【図4】



【図5】



【図6】



【図8】

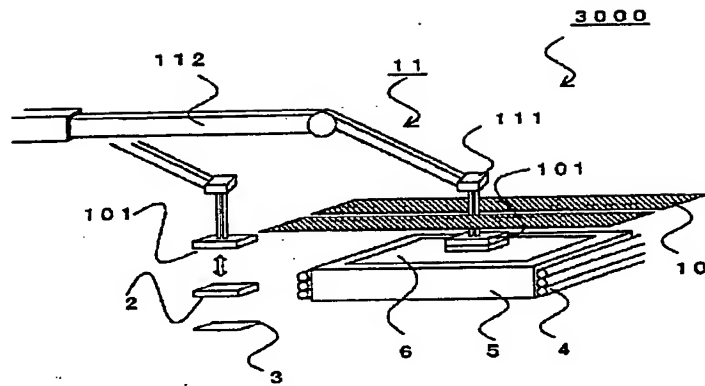
	一連の工程に 要する時間	液だれの 高さ	太陽電池 試作歩留	太陽電池 交換効率
実施の形態1	29秒 往復の場合20秒	1mm	92%	13%
実施の形態2	18秒			
実施の形態3	23秒			
実施の形態4	18秒			
背景技術	4秒	4mm	78%	11%

【図10】

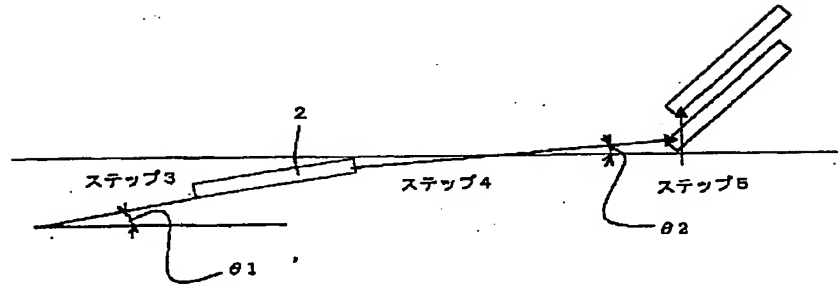
$\theta 1$	$\theta 1 - \theta 2$	突起の個数	太陽電池 試作歩留	太陽電池 交換効率
1.4°	-4.3°	20	84%	12%
5.7°	0°	6	89%	12%
10°	4.3°	0	92%	13%

(13)

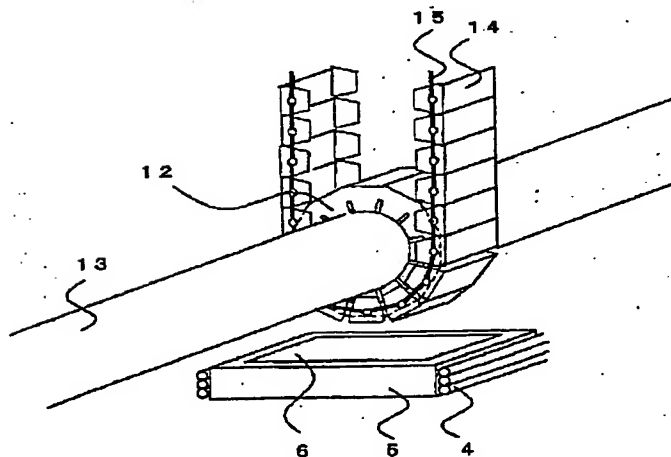
【図 7】



【図9】



【図 1-1】



フロントページの続き

(72)発明者 矢野 光三郎  
大阪府大阪市阿倍野区长池町22番22号 シ  
ャープ株式会社内

(72)発明者 谷 善平  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内



(14)

Fターム(参考) 5F031 CA04 GA24  
5F051 AA03 CB04  
5F053 AA03 AA21 DD01 FF01 GG02  
HH10 LL05 RR01 RR06 RR20

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**